

★ ★ ★
“十三五” ★

国家重点出版物出版规划项目



2019年
主题出版重点出版物

丛书总主编 倪光南

神州脉动

能源革命改变中国

胡森林 林益楷 林火灿 著

非
外
埠



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



丛书总主编
倪光南

神州脉动

能源革命改变中国

胡森林 林益楷 林火灿



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

神州脉动：能源革命改变中国 / 胡森林，林益楷，林火灿著. — 北京：人民邮电出版社，2019.9
(科技改变中国)
ISBN 978-7-115-51859-0

I. ①神… II. ①胡… ②林… ③林… III. ①能源发展—研究—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第171675号

内 容 提 要

新中国成立 70 年来，我国的能源行业取得了举世瞩目的成就，为经济社会发展和人们的生产生活提供了动力保障。进入新时代，我国的能源行业要走新型的发展道路，以满足建设生态文明、打造美丽中国的需求。

本书立足于我国能源行业发展的现状和使命，从过去、现在和未来 3 个时间维度，全景扫描石油、天然气、煤炭、电力以及可再生能源等领域，深度分析我国能源革命的趋势、瓶颈及未来前景。

本书作者长期研究、追踪能源行业的变革，在行文中追求思想性、专业性和可读性的统一，夹叙夹议，见物见事见人，让读者品味能源故事、了解能源经济，旨在引发全社会对能源安全的关注、对能源转型的关心和对能源科技的关切。

-
- ◆ 著 胡森林 林益楷 林火灿
责任编辑 韦 毅
责任印制 陈 犇
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京富诚彩色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本：720×960 1/16
印张：12.75 2019年9月第1版
字数：204千字 2019年9月北京第1次印刷
-

定价：69.00 元

读者服务热线：(010)81055552 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广登字 20170147 号



“科技改变中国”丛书

编委会

丛书总主编

倪光南 中国工程院院士，中国科学院计算技术研究所研究员

丛书副总主编

宁滨 中国工程院院士，北京交通大学原校长

吴伟仁 中国工程院院士，国家国防科技工业局中国探月工程总设计师

徐宗本 中国科学院院士，西安交通大学原副校长

顾翀 人民邮电出版社有限公司党委书记、总经理

韩建民 杭州电子科技大学融媒体与主题出版研究院院长

编委

武锁宁 中国通信企业协会副会长，人民邮电报社原总编辑

陈钟 北京大学教授、博士生导师

马殿富 北京航空航天大学教授、博士生导师

胡坚波 中国信息通信研究院总工程师

安晖 中国电子信息产业发展研究院副总工程师

何宝宏 中国信息通信研究院云计算与大数据研究所所长

陆峰 中国电子信息产业发展研究院电子信息产业研究所副所长



“科技改变中国”丛书

总策划

顾 翀 张立科

人民邮电出版社有限公司

杭州电子科技大学融媒体与主题出版研究院

联合组编

编辑工作委员会

主 任

张立科 韩建民

副主任

王 威 李 际

委 员

刘玉一 韦 毅 贺瑞君 刘盛平 梁海滨 易东山

李海涛 刘 劲 张康印 贾安坤 吴大伟 陈万寿

王维民 哈宏疆 杨海玲 邓昱洲 林舒媛 袁慧茹

赵祥妮 王玉琦 王丽丽 高 阳

对能源行业的人士来说，2016年《巴黎协定》的签署是一个大家都十分关注的大事件。该协定的签订标志着绿色低碳发展已经成为人类的普遍共识，也意味着全球能源行业需要加速转型以适应这一进程。新一轮能源大转型的序幕正徐徐拉开。

与煤炭替代薪柴、油气替代煤炭的两次能源转型相比，当前人类正在经历的第三次能源转型具有哪些显著特征呢？我认为有以下3个尤其值得关注的特征。

首先是去碳化。在《巴黎协定》对碳预算强约束的背景下，全球能源消费越来越呈现出去碳化的特征。风能和太阳能等“零碳能源”规模快速扩大，将日渐成为未来的主流能源。截至2017年底，全球可再生能源累计总装机容量达2195吉瓦，约占全球总发电装机容量的30%；可再生能源发电量达6.21万亿千瓦时，占全球电力生产量的比例为26.5%。在欧洲的部分国家，非水电可再生能源发电量占总发电量的比例达到30%~50%，甚至可以满足100%瞬时用电需求。根据彭博新能源财经的预测，到2050年，风电和太阳能发电的规模将占全球发电规模的50%以上。

其次是去中心化。新一轮能源转型中，全球能源供给方式将逐步从过去的以集中式供给为主，过渡到与太阳能、风能、生物质能等分布式能源相结合。综合能源服务的新业态正在全球各地蓬勃兴起，这必将带来能源生产和消费模式的重大调整。

最后是数字化。新一轮能源转型恰逢数字化浪潮席卷全球，以“云大物移智”（云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能）为代表的数字化技术创新，正给能源行业的发展带来颠覆性的变革。近年来，“数字油田”“数字风场”“智能电网”“泛在电力物联网”等能源领域的数字化实践层出不穷，正极大地改变着能源生产和消费生态。

在新一轮全球能源转型的大潮中，我国是积极的参与者和推动者。我国政府是《巴黎协定》的坚定践行者，近年来通过大力推动能源生产和消费革命，为加速全球能源转型做出了重要贡献。例如，我国已成为全球最大的风能和太阳能电力生产国，以及全球电动汽车保有量最高的国家；我国用十几年时间走过了西方30年的成品油质量升级历程；天然气被我国确立为主体能源之一，过去两年的消费增速均超过15%，展现出惊人的“中国速度”。近年来我国整体能源环境和质量的好转与政府采取的举措是分不开的。

看到成绩的同时，我们也要清醒地认识到，能源转型是一个长期而渐进的过程，尤其是我国作为一个后发国家，能源转型面临着更加艰巨的挑战。例如，2018年，我国经济总量占世界经济总量的15.9%，但能源消费总量却占世界能源消费总量的24%，消费方式相对粗放，且未来能源消费仍将保持增长态势，更多的能源消费与更低的碳排放量的矛盾将日益凸显。此外，“一煤独大”的能源消费结构短期内很难改变。日益攀升的油气对外依存度也将给国家能源安全带来很大的风险。

未来我国该如何走出一条具有特色的能源转型之路？我认为，我国需要通过大力推进能源的减量革命、增量革命和效率革命，探索出一条油气替代、可再生能源替代与能效提升齐头并进的能源转型之路，根本目标是为人民群众提供更加稳定、绿色、经济、便捷的高质量能源服务。这其中，以下

4 个方面的转型措施尤为重要。

第一，大力推进煤炭清洁化利用。当前全球多个国家正在推进彻底的“去煤化”运动，但我国独特的资源禀赋决定了煤炭在相当长时间内仍将是我国的主体能源之一。在煤炭短期内无法退出历史舞台的情况下，实现煤炭全产业链的清洁高效开发利用，包括推进煤矿的清洁高效开发、煤电的“近零碳排放”（未来还要考虑通过 CCS^① 技术进行碳捕集）、发展特色煤化工技术等，尤为关键。而在华北等雾霾严重的地区，大幅减少散煤的使用更是当务之急。

第二，加大国内油气勘探开发力度。我国石油和天然气的一次能源消费占比仅为 25% 左右，远低于欧美发达国家的水平。油气，特别是天然气，作为相对优质、低碳、高效的能源，在我国仍有较大的发展空间。面对我国油气对外依存度攀升的严峻形势，我们一方面要加大资金的投入力度，推动油气勘探从陆上走向海上、从常规走向非常规、从中浅层走向深层，着力增加本土油气供应量；另一方面，我们也要强化国际合作，鼓励我国的石油公司到海外进行油气勘探开发，将权益油气运回国内使用；同时应采取加大油气资源储备、加快石油天然气交易中心建设等多种方式，确保油气的稳定供应。

第三，大力发展可再生能源。尽管我国风能、太阳能发电装机规模已是全球第一，但累计发电量占全国电力消费的比例还不到 8%。中国电力企业联合会预测，到 2050 年，风能、太阳能等可再生能源电力在我国电力体系中占主导地位是极有可能实现的。另外，我国生物质资源可转换为能源的潜力约为 4.6 亿吨标准煤^②，而目前利用量仅为 2200 万吨标准煤，待开发利用的潜力同

① Carbon Capture and Storage, 碳捕集与封存, 即从大型、稳定的二氧化碳排放源中分离、收集二氧化碳, 并用各种方法储存起来, 以减少其向大气排放的技术。

② 标准煤是指经过国家专门机构认可的, 具有高度均匀性、良好稳定性和准确量值的煤样。

样巨大。

第四，高度关注能效提升。能效提升被普遍认为是“第一能源”。有些欧洲国家，如丹麦，通过推广热电联产、第四代区域供热等技术创新，大幅提升能效，已基本实现经济增长与能源消费的脱钩。目前，我国的能源生产和消费模式还相对粗放，单位标准油^③创造的国内生产总值（Gross Domestic Product, GDP）仅为美国、德国和日本的50%左右，提升能效的潜力巨大。有关机构预计，通过提升能效，我国完全有可能在同等能源消费规模下实现GDP的翻倍。

我国的能源转型是一项史无前例的巨大工程，与每一个中国人都息息相关，不仅需要政府和企业界投入力量，所有中国人都应是这场大转型的见证者、参与者和推动者。近期收到胡森林先生等人新著的《神州脉动：能源革命改变中国》书稿，读完之后感觉亮点颇多。这本书对我国能源行业发展的过去、现在和未来进行了深入思考，讨论的范围涵盖了煤炭、油气和电力等多个领域。全书视野宏阔，结构清晰，行文生动，既是一部具有专业眼光的新著作，也是一部具有较强可读性的通俗读物，相信对国人了解我国能源转型进程具有较大的帮助，也将为致力于推进我国能源转型的各界人士提供有益的借鉴。

作者希望我写一篇序言，我结合自己对能源发展的一些想法，谈了如上的观点，是以为序。



中国工程院院士

2019年6月于北京

^③ 单位标准油是指1千克油当量的热值，即42.62兆焦（MJ）。

对“能源之变”的观察与描述

2019年，新中国成立70周年，就在这一年，我国掀起勘探开发国内油气的热潮，“四个革命、一个合作”能源安全新战略正在深入推进，新能源发展方兴未艾……与此同时，国际能源市场也是风云变幻，地缘政治、技术革命、气候变化带来的市场反应让人目不暇接。

党的十九大报告指出，要“构建市场导向的绿色技术创新体系，发展绿色金融，壮大节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业。推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系”。这为新时代能源行业的发展指明了方向，提出了更高要求。当前，能源革命已经拉开大幕，成为能源发展的主旋律，深刻地改变着行业，改变着经济，也改变着每个人周遭的很多事物。

能源是现代社会经济发展的支柱，是重要的工业原材料和动力来源，也是大宗的国际贸易商品。经济的发展离不开能源，每个行业的发展离不开能源，每个人的生活也都离不开能源。但是长期以来，大众对能源所知不多、所知不深，甚至还有很多误解。从能源行业自身来说，确实需要从业者更多地讲述自己，搭建与公众沟通的桥梁。“科技改变中国”这一主题出版项目正好提供了极为难得的机会。

本书的主题是“能源革命改变中国”，它包含了两个方面的含义：其一，能源曾经改变了什么；其二，能源革命将会改变什么。

能源带来的改变是显而易见的。我们翻阅任何一本能源史志、成就册，都不难发现，过去几十年，能源行业通过自身的发展，为经济输入动力，为工业提供“血液”，改变了我国的经济面貌和国家地位，改变了工业经济的整体实力，改变了社会的生产力水平。在社会经济层面，能源主要为工业、交通、电力等领域提供原材料、动力和燃料。同时，在日常生活层面，利用石油、天然气等重要的中间原料，产出了合成纤维、涂料、塑料等化工产品，也给我们带来了便利和富足。当然，不能否认的是，由于我国的能源资源禀赋相对不足，能效水平依然低下，产业结构总体偏重，在经济快速发展的过程中浪费了大量的能源，粗放和不科学的能源使用方式带来了大量的环境污染问题。

我国经济社会发展依然需要大量的能源供应来保障，而人们对美好生活的向往也必然包含对更好的环境的期盼。这就需要在继续大力发展能源行业的同时，提高能源资源的使用效率，减少因不当使用能源资源对环境所产生的负外部性影响。“能源革命将会改变什么”这个问题的答案就是通过能源革命建立新的能源体系，提升能效，改变环境，进而改变产业经济的面貌，改变人们的生活。而这一切，都在直接或间接地改变着中国。

可以说，能源过去改变了中国、现在改变着中国、将来还会继续改变中国。而究其根本，在于我国本身也在改变，人们对能源的认识在改变，人们的观念在更新，产业水平在提升。从总体上来说，改革开放以来，我国能源产业最大的改变，是从过去以满足供应为主，转变到追求结构优化、产业升级和技术进步，从此进入高质量的发展阶段。

“能源之变”的产生和形成，是能源发展因应社会发展而变化的过程，是能源与社会互动的必然结果，它似乎是在不知不觉中发生的，但又无时无刻

不在进行。这就是我们对于“能源革命改变中国”这一命题内涵的理解，也是本书主标题定为“神州脉动”的含义之所在。

写作本书时让人为难的是，能源行业具有庞大的体系，内容浩繁，门类众多，70年的发展历程波澜壮阔，发展成就灿烂辉煌，远远不是一两百页的一本书所能容纳的。本书的定位并不是一部完整的能源发展史，或者系统的能源知识介绍，而是面向大众读者的一本能源“深科普”读物，所以我们只选取能源行业发展中的大事件、重要节点、突出特点、标志性成果和重要趋势加以讲述，聚焦主题，对众多的素材加以取舍，勾勒新中国成立特别是改革开放以来能源发展的基本轨迹，展望能源行业通过高质量发展通往未来的图景，从中反映我国能源发展的大致进程，让读者对能源行业有一个结构性的认识与把握。

本书共14章，分为“为中国经济贡献光和热”“向高质量转型”“通往美丽中国”3个部分，看起来有一种时间的逻辑在其中，大致对应我国能源行业发展的过去、现在和未来。但需要说明的是，全书并未完全采用线性的时间逻辑，而更像是一个个相对独立的专题，每章所涉内容根据内容叙述的需要，会在时间上有适当的前后延伸，但总体上又能从中看出能源行业的演进。同时，本书以国际相关情况作为背景知识或者内容参照，聚焦于我国能源的发展情况。

本书由3位作者合作完成，其中第一、四、七、十三、十四章和结语由胡森林撰写，第五、八、十一、十二章由林益楷撰写，第二、三、六、九、十章由林火灿撰写，胡森林承担了书稿的思路拟定、框架设计、总体统筹和后期统稿工作。在写作时，我们希望做到这样几点：以思想性作为基础，力求揭示能源革命的真实逻辑、路径、本质、规律与趋势，给人以思维的启迪；

以专业性作为保障，把握行业发展的主线和核心内容，使用权威资料，对相关问题有专业的判断和分析；以可读性作为追求，对专业内容做适当的大众化的“转译”，使之符合一般读者的阅读期待，见物见事见人，夹叙夹议，总体写意，局部工笔，在内容组织、语言风格、形式要素和行文节奏上下功夫，尽量做到让本书通俗易懂，拉近读者与能源行业的距离。

本书是“科技改变中国”这一主题出版项目中的一本，关于科技，这里还想多说两句。能源行业的发展与科技密切相关，这既是对技术很敏感的行业，又是科技成果的高产区，在科技方面有巨大的需求和潜力。过去几十年，能源行业走过了一条学习西方、引进消化吸收再创新的道路，这也是我国科技发展的一个缩影。经过几十年的努力，我国能源行业很多领域的常规技术现在已达到世界同等水平，但核心技术还有待突破，一些技术和装备依然受制于人，需要引起高度关注。随着技术变革带来的能源变革和产业变革，未来能源行业的竞争力将主要依赖于技术进步和创新突破，这也是我国需要大力发展和加强的方面。在一些关键技术领域，中国不能缺席，只有突破关键技术壁垒才能为提升能源行业未来的竞争力打下基础。

我们期望这本书能引起大家对能源安全的关注、对能源转型的关心和对能源科技的关切，这些事情看似离我们很遥远，但归根结底与每个人息息相关，需要更多的人了解、支持、参与和推动能源行业的变革，这也是涉及整个社会能源素养的重要部分。

以上所述就是作者承担这一写作任务的初衷，以及在一开始想说的一些话。

第一部分

为中国经济贡献光和热

002 第一章 60岁的大庆油田

002 引子

003 1.1 被改变的历史

006 1.2 一个闪光的名字

011 1.3 不断延续的青春

013 1.4 凤凰涅槃

015 本章参考文献

016 第二章 电力点亮中国

016 引子

017 2.1 从“无电生活”起步

022 2.2 多元电力格局

026 2.3 向改革要“电力”

029 2.4 重大电力工程结硕果

032 本章参考文献

033 第三章 负重的煤炭

033 引子

034 3.1 不能抹杀的功绩

036 3.2 粗放发展

038 3.3 自我革新

041 3.4 说“再见”为时尚早

043 本章参考文献

第二部分

向高质量转型

045 第四章 能源生产和消费革命

045 引子

046 4.1 其命维新

048 4.2 “第三条道路”

- 051 4.3 加法、减法与乘法
- 052 4.4 战略路线图
- 054 4.5 “一带一路”新机遇
- 056 本章参考文献

057 第五章 与时间赛跑的油气

- 057 引子
- 058 5.1 对外依存度之忧
- 062 5.2 石油消费峰值何时到来
- 064 5.3 中国“页岩气革命”能否诞生
- 067 本章参考文献

068 第六章 解放“第一生产力”

- 068 引子
- 069 6.1 国产化的机遇与挑战
- 073 6.2 重大工程助推装备发展

- 077 6.3 技术突破带动产业发展
- 080 6.4 加快释放“第一生产力”
- 082 本章参考文献

083 第七章 能效是最大的能源

- 083 引子
- 085 7.1 看不见的“革命”
- 086 7.2 能效“富矿”
- 088 7.3 效率竞争力
- 090 7.4 珍惜用好“能效红利”
- 094 本章参考文献

095 第八章 炼化转型升级之路

- 095 引子
- 096 8.1 摘下“五朵金花”
- 099 8.2 “大炼油”横空出世